

マルチエージェント・アプローチによる 偵察蜂の巣作り場所探索行動に関する研究

情報科学科 西山 幸寛

指導教員：村上 和人

1 はじめに

近年，社会性昆虫の群衆知を用いた最適化アルゴリズムの開発が盛んである[1]．社会性昆虫のなかでもとりわけ，高度に組織化された社会構造をもつミツバチの行動が注目されている[2]．ミツバチ集団の共同意思決定に関する行動として，(1)採蜜行動，(2)巣作り場所探索行動の2つが知られている[3]．前者は“複数の蜜源のなかで，どのように採蜜パチを割り当てるべきかを定めるための行動”であり，後者は“複数の巣作り場所の候補から，最適な候補の一つを選ぶための行動”である．すなわち，両者は本質的に異なる行動である．

しかしながら，既存研究の多くは採蜜行動にのみ焦点を当ており，巣作り場所探索行動をマルチエージェント・アプローチにより検証する試みはなされていない．そこで本研究では，ミツバチの分蜂群における偵察蜂をエージェントとして捉え，巣作り場所探索行動をモデリングし，マルチエージェント・シミュレータ（以降，「MAS」と呼ぶ）：artisoc[4]を用いて検証をおこなう．

2 エージェントベースモデル

MAS で用いる空間は 60×60 の実数空間とし，中心 $(30, 30)$ に分蜂群が存在するものとした．これを図1に示す．空間を構成する要素は，それぞれ巣箱エージェントならびに偵察蜂エージェントとした．

巣箱エージェントの数は N_B とした． N_B 個の巣箱エージェントは分蜂群（空間の中心）から半径 30 以内の領域にランダムに設置した．このとき，エージェント同士の重なりについては考慮しないものとした．各巣箱エージェントには，容積，外敵侵入の困難度合い[3]などを総合的に捉えた指標である Score を設定し，Score を 1 から 100 の一様乱数にて決定した．

偵察蜂エージェントの数は N_{SB} とし，すべての偵察蜂エージェントは，はじめは分蜂群上に存在するようにした．各エージェントはその後，図2に示す処理にしたがって分蜂群から飛び立ち，巣作り場所にふさわしい巣箱を探索するようにした．ある巣箱に訪れている偵察蜂エージェントの数が定足数 Quorum を上回れば，その巣箱が最適な巣作り場所であると判断した．

3 数値例

先行研究[3]の観察実験にもとづき，巣箱エージェント数 $N_B = 5$ ，偵察蜂エージェント数 $N_{SB} = 150$ とし，定足数を 5, 10, ..., 150 と順々に変化させ，各定足数において 50 回の試行をおこなった．このとき，50 回のうち，何回最適巣作り場所を選択できたか，シミュレーションは収束したかをそれぞれ率として計算し，これらを 50 セットおこなうことで 95%信頼区間をとった．ただし，本稿では，偵察蜂エージェントらが 1 万ステップ未満で最適巣作り場所を決定した場合に，シミュレーションは収束したとして扱った．

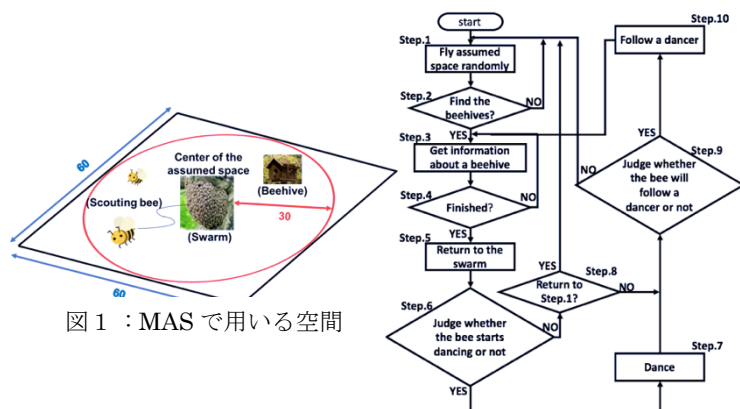
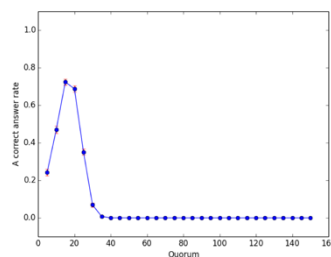
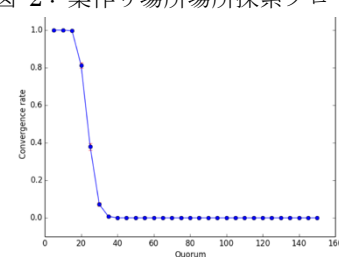


図1：MASで用いる空間

図2：巣作り場所探索プロセス

図3：最適巣作り場所の
選択率図4：シミュレーションの
収束率

4 おわりに

本研究ではミツバチの分蜂群における偵察蜂が巣作り場所探索プロセスにもとづいて空間を探索し，定足数反応による最適巣作り場所決定プロセスにもとづいて，巣作り場所を収束させていることをマルチエージェント・アプローチによる検証した．

その結果，偵察蜂数：150，巣箱数：5の条件下において，最適な巣箱を選択できる確率を最大にし，かつ候補地の収束に効果的である定足数が 15 であることが確認できた．これは自然界におけるミツバチ集団と合致した[3]．これらにより，定足数という観点から，本研究の妥当性が確認できた．

参考文献

- [1]Dervis Karaboga, Bahriye Akay, “A survey algorithms simulating bee swarm intelligence”, Artif Intell Rev, DOI10. 1007/s10462-009-9127-4, pp.61-85, 2009.
- [2]古川まき，森敏彦，鈴木泰博，“蜜蜂の蜜源選択における閾値調整機能を模した最適化アルゴリズム”，日本知能情報ファジィ学会誌, Vol. 24, No. 6, pp. 1090-1100, 2012.
- [3]Thomas D. Seeley, 『Honeybee Democracy』, Princeton Univ Pr, 2010.
- [4]山影進,『人工社会構築指南—artisoc によるマルチエージェント・シミュレーション入門』, 書籍工房早川, 2008.